

大変形追随型三軸試験機の試作

長崎大学工学部 学○松本江基 同 川口 浩 同 小川康浩
九州大学工学部 正 落合英俊 長崎大学工学部 正 棚橋由彦 正 伊勢田哲也

1. まえがき

実際の地盤内の土要素のように、三次元的応力をうける土の挙動を明らかにするには、三主応力がそれぞれ独立に制御され、しかも均一な応力負荷が可能で、かつ均一なひずみを生じさせ得る三軸試験機を用いる必要がある。特に粘性土に関しては、それらに加えて、大変形にも十分追従できる中間主応力載荷装置を具備していなければならない。そこで、Ladeの開発した試験機を参考に、このような三軸試験機を試作、改良した。また試作試験機を用いて、三次元応力下における正規圧密粘土の圧密排水試験を行ない、その結果を用いて本試験機の性能検定を行なった。ここでは、試験装置・試験方法を説明し、検定結果の一部を報告する。

2. 試験装置

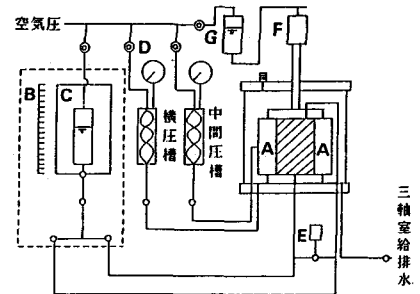
本装置の配管図を図1に示す。この三軸試験機は、通常の三軸試験装置のセル内に、新たに水平載荷装置を設け、立方供試体に相異なる三主応力を負荷する装置である。主な機構は次のようになっている。

1). 載荷装置

i). 最小主応力 σ_3 セル内水圧により、供試体各面には等しい圧力が作用するが、一対の供試体鉛直面には新たな応力を作用させず、その面が最小主応力 ($\sigma_3 = u$) の作用面となる。

ii). 最大主応力 σ_1 載荷ピストンを介して、キャップとベースにより供試体に鉛直方向から加えられる。最大主応力は、セル内水圧 u と載荷ピストンによって伝えられる鉛直荷重の和で表わされる。なお、鉛直荷重の測定は、キャップに埋設された水中ロードセルによって行なわれる(図2参照)

iii). 中間主応力 σ_2 中間主応力は、水平載荷装置により水平方向から供試体に加えられる。水平載荷装置は、図2に示すようにバルサ材と薄板のステンレス板の互層からなる一対の水平載荷板を持ち、その片方には、圧力供給用シリンダーが取り付けられている。供試体への載荷は、シリンダーに圧力が供給され、一対の水平載荷板を連結する2本のタイバーがお互いの載荷板を引き寄せることによって行なわれる。バルサ材は、繊維の直角方向の圧縮性が水平方向の圧縮性に比べて、はるかに大きい特性をもっている。したがって、水平載荷板はバルサ材の特性により、供試体の変形に応じて容易に圧縮されるので、供試体面には有意なせん断応力が作用せず、しかも、鉛直載荷板(キャップとベース)とは互いに干渉することなく、大変形の試験が行なえる。



A 水平載荷装置 E 圧力変換器
B 体積変化測定用スケール F オイルシリンダー
C マノメーターオイル G オイルタンク
D 空気圧レギュレーター

図-1

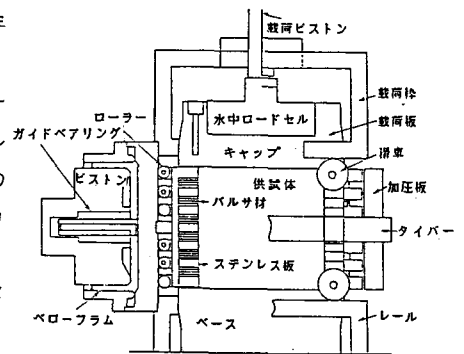


図-2

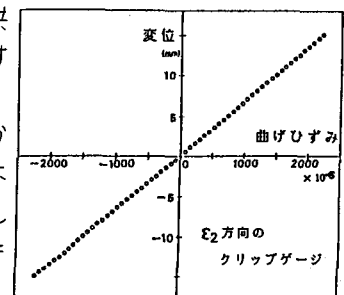


図-3

2. 供試体変形量の測定

i). 軸変位の測定 供試体の三方向の軸変位の計測には、精度の均一性と向上をはかるため燐青銅の増板を加工し、防水ひずみゲージを貼付したクリップゲージを使用した。図-3に示すように、キャリブレーションテストの結果から、クリップゲージの曲げひずみと変位との間にきわめて良好な線型関係が存在することが確認された。クリップゲージの先端は、供試体、上下載荷板、水平載荷板に接触させて三方向の軸変位計測を行なう。クリップゲージから計測された供試体軸変位から計算される、負荷増分 $d\sigma_{ij}$ ($i=1\sim 3, j=1\sim 3$)に伴う軸ひずみ増分を $d\varepsilon_{ij}$ とすると、任意の負荷段階をまどの体積ひずみは、次式により求まる。

$$\varepsilon_v = \sum_{j=1}^3 (d\varepsilon_{1j} + d\varepsilon_{2j} + d\varepsilon_{3j}) \quad (1)$$

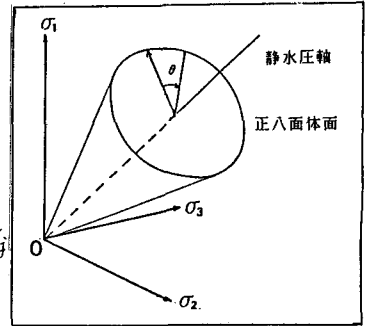


図-4

ii). 体積変化量の測定 負荷増分 $d\sigma_{ij}$ に伴う体積変化量 ΔV_j は、図-1の破線内に示した水系分岐装置によっても測定できる。水系分岐装置(図-1)から明らかのように、供試体にバックプレッシャーを加えながら、その体積変化量を測定できる。体積変化量 ΔV_j をそのときの供試体体積 V_j で除して、体積ひずみ V_j が計測される。任意の負荷段階をまどの体積ひずみは、
$$V = \sum_{j=1}^3 V_j \quad (2)$$
より求まる。

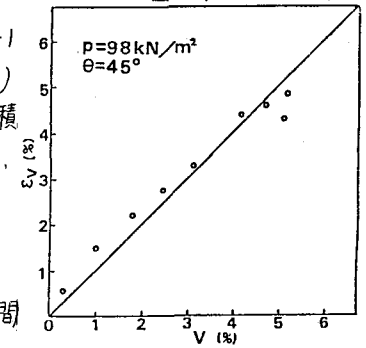


図-5

3. 間きき水圧測定

排水・非排水条件にかかわらず、任意時間における供試体上部、下部の間隙水圧を圧力変換器(図-1のE)より測定できる。

4. 端面摩擦の軽減

供試体と鉛直・水平載荷板の間には、シリコングリースを塗布した2枚の(有孔)ゴムスリートを挿入し、摩擦の軽減をはかっている。また、供試体初期寸法より大きい鉛直載荷(キャップとベース)の併用により、供試体の均一な変形に留意している。

3. 供試体及び試験方法

試料は、練り返した有明粘土で、その予圧密試料から一辺75mmの立方供試体を切り出し、セル内で2日間圧密させた後、せん断応力を作用させた。圧密終了時の測定B値($=\Delta U/\sigma_3$)より、ほぼ完全飽和試料とみなすことができる。実験は圧密排水条件の下で平均有効主応力 p' 一定、 θ 一定試験が応力制御で行なわれた。応力経路は、図4に示したように正八面体面上における放射状の径路が採用された。 p' と θ は次式で示される。

$$p' = \frac{1}{3}(\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3) \quad \tan \theta = \sqrt{3} \frac{(\sigma'_2 - \sigma'_3)}{(\sigma'_1 - \sigma'_2) + (\sigma'_1 - \sigma'_3)} \quad (3)$$

4. 試験機の検定

試作試験機が、ほぼ均一な応力系を供試体に作用できるのは、2.に述べた載荷装置により明らかである。したがって、均一なひずみが生じているかの検定は、クリップゲージから計測される軸ひずみ増分の総和(1)式より求まる体積ひずみ ε_v と、体積変化量から求まる体積ひずみ V が等しいかの吟味によってなされる。図-5に一例として、 $p' = 98 \text{ kN/m}^2$ 、 $\theta = 45^\circ$ の $V - \varepsilon_v$ 関係をプロットした。図から、破壊に至るまで、ほぼ $V = \varepsilon_v$ を満足しているのが認められ、試作試験機によれば、供試体には均一なひずみが生じているのが確認された。

5. あとがき

試作試験機を用いて、現在一連の、 p' 一定、 θ 一定の、圧密非排水、ひずみ制御試験を実施中である。粘性土の非排水強度変形特性については、当日会場において報告の予定である。